

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-237216

(43)Date of publication of application : 31.08.1999

(51)Int.Cl.

G01B 11/16

(21)Application number : 10-349088

(71)Applicant : ASAHI GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 08.12.1998

(72)Inventor : SONDA YOSHIYUKI
SHIMAZAKI TAKESHI
KURUMISAWA MAKOTO
SHIMOZONO HIROAKI

(30)Priority

Priority number : 09364076

Priority date : 17.12.1997

Priority country : JP

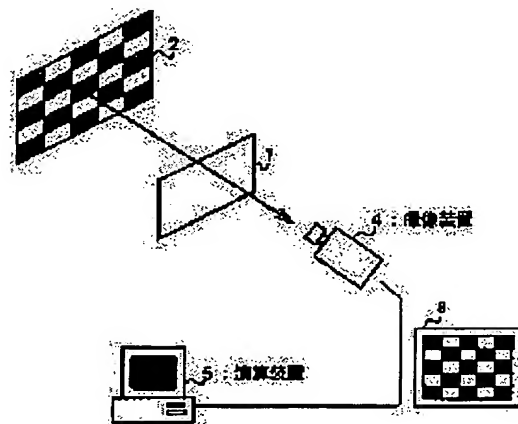
(54) EVALUATION METHOD FOR OPTICAL DISTORTION AND EVALUATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To quantify optical distortion regardless of the kind of the distortion, by calculating correlation value between a perspective image or a reflection image and an ideal image, and evaluating the optical distortion of a measured object based on the calculated correlation value.

SOLUTION: A reference pattern 2 from a light source transmits a measuring object 1 such as a plate glass for measuring optical distortion and is received by an imaging device 4. The observed perspective image 3 by the imaging device 4 is inputted in an operator device 5 such as a computer. The operator device 5 evaluates optical distortion of the measuring object 1 from the observed perspective image 3 obtained when the reference pattern 2 passes the measuring object 1.

Here, the operator device 5 realizes a correlation value calculation means and evaluation means. By this, the optical distortion can be quantified regardless of the kind of the distortion and the quantification of the optical distortion matching to human sense is possible. Since the optical distortion is quantified with correlation operation, a strong distortion which was difficult to quantify with a method measuring the distortion of rectangular elements constituting a grid can also be quantified.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or]

application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The assessment approach of the optical strain which is the approach of evaluating the optical strain of a device under test, irradiates a reference pattern at said device under test, observes the fluoroscopy image or reflected image of said reference pattern from said device under test, computes a correlation value with said observed fluoroscopy image, or the reflected image and the ideal image, and evaluates the optical strain of said device under test based on the computed correlation value.

[Claim 2] The assessment approach of the optical strain according to claim 1 which computes the correlation value of the local image which is a part of said fluoroscopy image or reflected image, and an each local image and the ideal pattern of the same size, and pinpoints the distorted existence region in a device under test from each computed correlation value in case the correlation value of a fluoroscopy image, or a reflected image and an ideal image is computed.

[Claim 3] The assessment approach of the optical strain according to claim 1 or 2 which observes the fluoroscopy image or reflected image of a reference pattern from a device under test, and computes a correlation value using the gradation value of the pixel of said observed fluoroscopy image or a reflected image, and the gradation value of the pixel of an ideal image with an image pick-up means to have two or more pixels.

[Claim 4] The assessment equipment of the optical strain equipped with an image pick-up means picturize the fluoroscopy image or the reflected image by the device under test of a reference pattern, a correlation value calculation means input said fluoroscopy image or reflected image from said image pick-up means, and compute a correlation value with said fluoroscopy image, or a reflected image and an ideal image, and an assessment means estimate the optical strain of the ***** aforementioned device under test also as the correlation value by said correlation value calculation means.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the assessment approach of an optical strain and assessment equipment suitable for measuring the fluoroscopy distortion of the glass for automobiles, and the reflective distortion of structural glass especially about the approach and equipment for measuring optical strains of a transparence plate, such as fluoroscopy distortion and reflective distortion.

[0002]

[Description of the Prior Art] There is a thing by which bending shaping was carried out besides a plate-like thing in the glass plate for automobiles, or the glass plate for a building. Especially, in the bending glass plate of big curvature, or a glass plate lacking in smooth nature, when the object reflected in the time of seeing an object over a glass plate or the glass plate is seen, an object may distort and appear. If distortion produced when an object is observed through a glass plate is too large, it will also become an appearance being spoiled and barring a field of view. Then, it is necessary to evaluate whether distortion produced with a glass plate is in tolerance. Some approaches are proposed as an approach for assessment.

[0003] The fluoroscopy image or reflected image by the device under test of a rectangular grid pattern is observed to one of such approaches, and the approach of quantifying extent of fluoroscopy distortion with whenever [angle-of-inclination / of the segment which constitutes the grid in a fluoroscopy image or a reflected image] is in it. Moreover, there is also the approach of measuring fluoroscopy distortion or a reflected image with dispersion in the configuration of the square element which constitutes a grid. The approach of quantifying extent of fluoroscopy distortion or reflective distortion with the amount of lowering of the contrast of an observation fluoroscopy image or an observation reflected image is indicated by JP,7-20059,A.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, there are the following technical problems in an approach which was mentioned above. By the approach of obtaining whenever [angle-of-inclination / of the segment which constitutes a grid], distortion which does not deform a grid in the direction of slant cannot be quantified correctly. Moreover, it is necessary to calculate the coordinate value of a grid in a fluoroscopy image or a reflected image by the approach of measuring dispersion in the configuration of the square element which constitutes a grid, and a measurement load is large. Especially the thing for which it becomes difficult to calculate a coordinate value itself and it performs distorted quantification when distortion which a grid transforms greatly arises is difficult.

[0005] Moreover, although the approach of quantifying an optical strain with the amount of lowering of the contrast of a fluoroscopy image or a reflected image can quantify extent of an optical strain by the simple image processing, it cannot quantify the extent correctly about distortion without lowering of contrast.

[0006] This invention aims at offering the assessment approach of the optical strain which is a sake, is not based on a distorted class but can quantify an optical strain corresponding to such a

technical problem, and assessment equipment.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The assessment approach of the optical strain by this invention includes the process which irradiates a reference pattern at a device under test, the process which observes the fluoroscopy image or reflected image of a reference pattern from a device under test, the process which computes the correlation value of a fluoroscopy image, or a reflected image and an ideal image, and the process which evaluates the optical strain of a device under test based on the computed correlation value.

[0008] Moreover, in case the correlation value of a fluoroscopy image, or a reflected image and an ideal image is computed, the correlation value of the local image which is a part of fluoroscopy image or reflected image, and an each local image and the ideal pattern of the same size is computed, and you may make it pinpoint the distorted existence region in a device under test from each computed correlation value.

[0009] And the fluoroscopy image or reflected image of a reference pattern from a device under test is observed, and you may make it compute a correlation value using the gradation value of the pixel of the observed fluoroscopy image or a reflected image, and the gradation value of the pixel of an ideal image with an image pick-up means to have two or more pixels.

[0010] The assessment equipment of the optical strain by this invention is equipped with an image pick-up means picturize the fluoroscopy image or reflected image by the device under test of a reference pattern, a correlation value calculation means input a fluoroscopy image or a reflected image from an image pick-up means, and compute the correlation value of a fluoroscopy image, or a reflected image and an ideal image, and an assessment means estimate the optical strain of a ***** device under test also as the correlation value by the correlation value calculation means.

[0011]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained.

Drawing 1 is the conceptual diagram showing one gestalt of operation of the assessment equipment of the optical strain by this invention. As shown in drawing, after the reference pattern 2 from the light source penetrates the device under tests 1, such as tabular glass with which an optical strain is measured, it is received with image pick-up equipment 4. The observation fluoroscopy image 3 by image pick-up equipment 4 is inputted into the arithmetic units 5, such as a computer. An arithmetic unit 5 evaluates the optical strain of a device under test 1 from the observation fluoroscopy image 3 with which the reference pattern 2 was obtained by passing a device under test 1. Here, an arithmetic unit 5 realizes a correlation value calculation means and an assessment means.

[0012] In addition, regular patterns, such as a checkered pattern, a rectangular grid pattern, or a dot pattern, are used as a reference pattern 2. Moreover, any may be used as long as the thing which made an area camera, a line camera, a video camera, a still camera, and photosensor arrange can input the observation fluoroscopy image 3 as image data as image pick-up equipment 4.

[0013] Next, actuation is explained with reference to the flow chart of drawing 2, and the explanatory view of drawing 3. An arithmetic unit 5 inputs the observation fluoroscopy image 3 from image pick-up equipment 4 (step S1), and a correlation operation is performed between the observation fluoroscopy images 3 and ideal fluoroscopy images which were inputted (step S2).

[0014] Drawing 3 is an explanatory view for explaining a concrete example of a correlation operation. In drawing 3, the observation fluoroscopy image 3 is expressed as an image of a pixel (mxn). This image is expressed as $f(x_i \text{ and } y_i)$. Here, f is the gradation value of a pixel, x_i , and y_i . The pixel location in an image is expressed. An arithmetic unit 5 picks out the local image 6 of a pixel from the observation fluoroscopy image 3 (uxv). And the correlation value C of the taken-out local image 6, and its local image 6 and ideal fluoroscopy image 7 of the same size is computed based on (1) type.

[0015]

[Equation 1]

$$C = \frac{\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^v g(x_i, y_j) \cdot h(x_i, y_j)}{\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^v h(x_i, y_j) \cdot h(x_i, y_j)} \cdots (1)$$

[0016] (1) In a formula, $g(x_i \text{ and } y_j)$ expresses the local image 6 picked out from the observation fluoroscopy image 3, and $h(x_i \text{ and } y_j)$ expresses the ideal fluoroscopy image 7 of $g(x_i \text{ and } y_j)$ same size. (1) what the formula carried out the multiplication of the gradation value for every response pixel between the local image 6 and the ideal fluoroscopy image 7, and took total of a multiplication result -- the square of each pixel of the ideal fluoroscopy image 7 -- it is what was *(ed) and normalized by the sum of a value. In addition, when each pixel is made binary, the denominator of (1) type is good at (uxv) . Therefore, the correlation value C becomes so high that it is so close to the ideal fluoroscopy image 7 that distortion of the local image 6 is small.

[0017] An arithmetic unit 5 performs the correlation operation described above about the whole observation fluoroscopy image 3 of a pixel (mxn) . And an optical strain is evaluated over the device-under-test 1 whole by evaluating the optical strain of the observation fluoroscopy image 3 whole based on the obtained average or maximum of each correlation value C (step S3).

[0018] For example, when the average is smaller than a predetermined reference value, it can be estimated that distortion exists in a device under test 1. Or when the minimum value is less than a predetermined reference value, it can be estimated that distortion exists in a device under test 1. Moreover, if there is a correlation value C than which are much [average] less, it can be estimated that a big distortion is in the part corresponding to the local image 6 in which the correlation value C is shown. Or it can be estimated that a big distortion is in the part corresponding to the local image 6 in which the correlation value C which shows the minimum value which is less than a reference value is shown.

[0019] In addition, an estimator may be made to perform assessment of the optical strain of step S3 based on the correlation result of an operation, and an arithmetic unit 5 compares the average or the maximum, and the reference value of each correlation value C , and you may make it output a comparison result.

[0020] As mentioned above, since the gestalt of this operation estimates the optical strain of a device under test 1 based on the correlation value of the pattern and ideal pattern which penetrated the device under test 1, no matter the device under test 1 may be distorted in what direction, with it, distortion is detectable.

[0021] In addition, what is necessary is just to use the fluoroscopy image by the device under test 1 by which having the distorted ideal configuration which is not as an ideal fluoroscopy image 7 is checked, and the observation image at the time of observing the direct-reference pattern 2 without minding a device under test 1. When the reference pattern 2 is a periodic pattern, it is good also considering the local image which adjoins the local image 6 for an operation as an ideal fluoroscopy image 7.

[0022] Moreover, although the gestalt of this operation explained the case where the observation fluoroscopy image 3 by the pattern which penetrated the device under test 1 was treated, even when treating the observation reflected image by the pattern reflected by the device under test 1, the approach and equipment by this invention can be applied similarly.

[0023]

[Example] Hereafter, the example of the assessment approach by this invention is explained.

Suppose that the observation fluoroscopy image 3 as shown in [example 1] drawing 4 was obtained. This fluoroscopy image has distortion which the checkered pattern expanded and contracted only in the longitudinal direction as shown in drawing 4. The observation fluoroscopy image 3 is an image of a pixel (512×512) , and used the local image 6 as the image of a pixel (8×8) . Moreover, the signal value which says to the black field in a checkered pattern as -1 , and is said to a white field as $+1$ was given in calculation of the correlation value C . Then, the value of the correlation value C approaches 1, so that correlation of both images is high, and the value of the correlation value C approaches 0, so that correlation of both images is low.

[0024] Drawing 5 is the explanatory view showing the count result of the correlation value C. In drawing, a white part shows the part whose correlation value was large in a count result, and a black part shows the part whose correlation value was small. In the observation fluoroscopy image 3, the correlation value acquired by the approach by this invention is small in the large distorted part so that clearly from drawing 5. Thus, by the approach by this invention, the distorted existence region in the observation fluoroscopy image 3 can be pinpointed, and distorted extent can be quantified by the size of a correlation value. In addition, by the conventional method of obtaining whenever [angle-of-inclination / of the segment which constitutes a grid], distortion as shown in drawing 4 cannot be quantified correctly.

[0025] In the [example 2] example 1, after making binary each pixel of the observation fluoroscopy image 3 and the ideal fluoroscopy image 7 (black: -1, white:+1), the correlation value C of both images was computed, but if each pixel of the observation fluoroscopy image 3 and the ideal fluoroscopy image 7 is multiple-value-ized, a correlation value can be computed with a still more sufficient precision. Consequently, the distorted existence region in a device under test 1 can be pinpointed with a still more sufficient precision, and distorted extent can be quantified with a still more sufficient precision.

[0026] For example, in performing 4 value-ized processing, it gives the signal value of -0.25 to a black adjoining field [in / to +0.75 / a white field / in / to a black field / -0.75 and a white field] to the white adjoining field in +0.25 and a black field. That is, about the ideal fluoroscopy image 7, the signal value of +0.75, -0.75, +0.25, and -0.25 is given to each of the white field 8, the black field 10, the black adjoining field 9 in a white field, and the white adjoining field 11 in a black field like [of the checkered pattern illustrated to drawing 6 / a part of].

[0027] Also about the observation fluoroscopy image 3, the signal value of +0.75, -0.75, +0.25, and -0.25 is given to each of the white adjoining field in the white field detected from an observation image, a black field, the black adjoining field in a white field, and a black field. Moreover, correlation between the observation fluoroscopy image 3 and the ideal fluoroscopy image 7 is computed using (1) type.

[0028] Since signal level is multiple-value-ized when 4 value-ized processing is performed, distorted extent can be quantified with a still more sufficient precision. Moreover, in this example, since the middle signal level of a white field and a black field is given to a monochrome border area, the quantification which is produced in binary-ized processing and which removed the effect of an unnecessary moire distortion can be performed.

[0029] The response relation between the result of having quantified the optical strain by the [example 3], next the approach by this invention, and human being's distorted sensation is explained. Here, the relation between the threshold experimental result by the test subject and the optical-strain quantum value by this approach was investigated.

[0030] In the threshold experiment, what gave a sinusoidal distortion to which the intersection location in a rectangular grid pattern as shown in drawing 7 was moved with the sin function, and the thing which gave a linear distortion to the rectangular grid pattern as shown in drawing 8 were used. And it asked whether distorted strength would be changed, a distorted pattern would be shown to a test subject, and it would distort and be visible. The probability which generally answers that the stronger distorted pattern is distorted becomes high, it is and the weak distorted probability which answers that the pattern is distorted becomes low. Here, the probability (probability of seeing) which answers that it is distorted, assuming that distribution of the threshold which begins to sense distortion distributes normally was changed into Z score, and it considered as the amount of distorted sensation.

[0031] On the other hand, the distorted pattern used in the above-mentioned threshold experiment was expressed as an image of a pixel (512x512), and correlation with the distorted ideal pattern which is not was searched for by the approach according the local image 6 to this invention as an image of a pixel (8x8). And the average of each correlation value computed about each local image 6 was made into the optical-strain quantum value of a distorted pattern. Here, the signal value which says to the black field in a pattern as -1, and is said to a white field as +1 was given.

[0032] Drawing 9 is the explanatory view showing the relation between the amount of distorted

sensation (Z score) obtained in the threshold experiment, and the optical-strain quantum value calculated by the approach by this invention. It sets to drawing 9 and an axis of abscissa shows the average in the image of (1-each correlation value), a correlation value is so small that a value is large, namely, it is shown that correlation with an ideal image and the local image 6 is low. As a correlation value becomes small also about the distorted pattern which has a linear distortion also about the distorted pattern which has a sinusoidal distortion so that clearly from drawing 9, the value of Z score becomes larger (as it goes to the axis-of-abscissa top right in drawing 9). That is, the probability which answers that the test subject is distorted becomes high.

[0033] Therefore, it was checked that good response relation is seen between the optical-strain quantum values and the amounts of distorted sensation which were calculated by the approach by this invention also about the distorted pattern which has a linear distortion also about the distorted pattern which has a sinusoidal distortion. This shows that the approach by this invention is an approach that the distortion measurement which was not based on a distorted class but it not only can perform quantification of an optical strain, but suited human being's sensation can be performed.

[0034]

[Effect of the Invention] According to this invention, as mentioned above, the assessment approach of an optical strain, and assessment equipment Since it constituted so that the fluoroscopy image or reflected image by the device under test of a reference pattern might be observed, a correlation value with the observed fluoroscopy image, or the reflected image and the ideal image might be computed and the optical strain of a device under test might be evaluated based on the computed correlation value While not being based on a distorted class but being able to evaluate an optical strain quantitatively, it is effective in quantification of the optical strain which suited human being's sensation being realizable. Moreover, since an optical strain is quantified by the correlation operation, by the approach of measuring deformation of the square element which constitutes a grid, quantification can also quantify a strong difficult distortion.

[0035] When it is constituted so that the fluoroscopy image or the reflected image of a reference pattern by the device under test may be observed and a correlation value may be computed using the gradation value of the pixel of the observed fluoroscopy image or a reflected image, and the gradation value of the pixel of an ideal image with an image pick-up means have two or more pixels, in order to compute a correlation value using a gradation value, since the difference between a fluoroscopy image, or a reflected image and an ideal image can be reflected more in a correlation value at accuracy, it is desirable.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-237216

(43) 公開日 平成11年(1999) 8月31日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 1 B 11/16

識別記号

F I

G 0 1 B 11/16

H

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平10-349088

(22) 出願日 平成10年(1998)12月8日

(31) 優先権主張番号 特願平9-364076

(32) 優先日 平9(1997)12月17日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000000044

旭硝子株式会社

東京都千代田区丸の内2丁目1番2号

(72) 発明者 尊田 嘉之

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社内

(72) 発明者 嶋崎 剛

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社内

(72) 発明者 棚澤 信

神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地

旭硝子株式会社内

(74) 代理人 弁理士 岩壁 冬樹

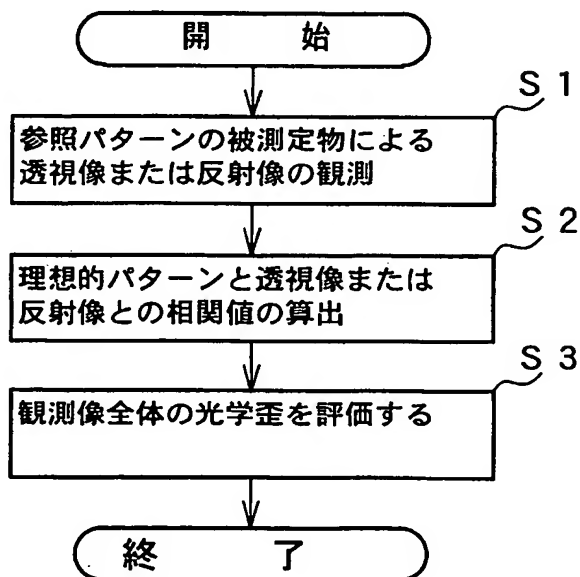
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学歪の評価方法および評価装置

(57) 【要約】

【課題】 歪の種類によらず光学歪を定量的に評価することが望まれる。

【解決手段】 演算装置は、参照パターンの被測定物による透視像または反射像を入力し、入力された透視像または反射像と理想的透視像との間で相関演算を行う。そして、得られた相関値にもとづいて被測定物の光学歪を評価する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被測定物の光学歪を評価する方法であつて、
参照パターンを前記被測定物に照射し、
前記被測定物からの前記参照パターンの透視像または反射像を観測し、
観測された前記透視像または反射像と理想像との相関値を算出し、
算出された相関値にもとづいて前記被測定物の光学歪を評価する光学歪の評価方法。

【請求項 2】 透視像または反射像と理想像との相関値を算出する際に、
前記透視像または反射像の一部であるローカル画像と、
各ローカル画像と同サイズの理想的パターンとの相関値を算出し、
算出された各相関値から被測定物における歪存在領域を特定する請求項 1 記載の光学歪の評価方法。

【請求項 3】 複数の画素を有する撮像手段によって被測定物からの参照パターンの透視像または反射像を観測し、
観測された前記透視像または反射像の画素の階調値と理想像の画素の階調値とを用いて相関値を算出する請求項 1 または請求項 2 記載の光学歪の評価方法。

【請求項 4】 参照パターンの被測定物による透視像または反射像を撮像する撮像手段と、
前記撮像手段から前記透視像または反射像を入力し、前記透視像または反射像と理想像との相関値を算出する相関値算出手段と、
前記相関値算出手段による相関値にもとづいて前記被測定物の光学歪を評価する評価手段とを備えた光学歪の評価装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、透明板状体の透視歪や反射歪などの光学歪を測定するための方法および装置に関し、特に、自動車用ガラスの透視歪や建築用ガラスの反射歪を測定するのに適した光学歪の評価方法および評価装置に関する。

【0002】

【従来の技術】自動車用のガラス板や建築用のガラス板には、平板状のもののほか、曲げ成形されたものがある。特に大きな曲率の曲げガラス板や平滑性に乏しいガラス板では、ガラス板越しに対象物を見たときやガラス板に反射した対象物を見たときに対象物が歪んで見えてしまうことがある。ガラス板を介して対象物を観測したときに生ずる歪が大きすぎると、外観を損なうことになり、また、視界を妨げることにもなる。そこで、ガラス板によって生ずる歪が許容範囲内にあるか否かを評価する必要がある。評価のための方法として、いくつかの方法が提案されている。

【0003】そのような方法のうちの一つに、直交格子パターンの被測定物による透視像または反射像を観測し、透視像または反射像における格子を構成する線分の傾き角度をもって透視歪の程度を定量化する方法がある。また、格子を構成する四角形要素の形状のばらつきをもって透視歪または反射像を測定する方法もある。特開平 7-20059 号公報には、観測透視像または観測反射像のコントラストの低下量をもって透視歪または反射歪の程度を定量化する方法が記載されている。

10 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述したような方法には以下のような課題がある。格子を構成する線分の傾き角度を得る方法では、格子が斜め方向に変形しないような歪を正しく定量化することができない。また、格子を構成する四角形要素の形状のばらつきを測定する方法では、透視像または反射像において格子の座標値を求める必要があり測定負荷は大きい。特に、格子が大きく変形するような歪が生ずる場合には、座標値を求めることそのものが困難になって歪の定量化を行うことは困難である。

20

【0005】また、透視像または反射像のコントラストの低下量をもって光学歪を定量化する方法は、簡易な画像処理によって光学歪の程度を定量化することができるが、コントラストの低下を伴わない歪については、その程度を正しく定量化できない。

【0006】本発明はそのような課題に対応するためのものであって、歪の種類によらず光学歪を定量化できる光学歪の評価方法および評価装置を提供することを目的とする。

30 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明による光学歪の評価方法は、参照パターンを被測定物に照射する工程と、被測定物からの参照パターンの透視像または反射像を観測する工程と、透視像または反射像と理想像との相関値を算出する工程と、算出された相関値にもとづいて被測定物の光学歪を評価する工程とを含む。

【0008】また、透視像または反射像と理想像との相関値を算出する際に、透視像または反射像の一部であるローカル画像と、各ローカル画像と同サイズの理想的パターンとの相関値を算出し、算出された各相関値から被測定物における歪存在領域を特定するようにしてもよい。

40

【0009】そして、複数の画素を有する撮像手段によって被測定物からの参照パターンの透視像または反射像を観測し、観測された透視像または反射像の画素の階調値と理想像の画素の階調値とを用いて相関値を算出するようにしてもよい。

【0010】本発明による光学歪の評価装置は、参照パターンの被測定物による透視像または反射像を撮像する撮像手段と、撮像手段から透視像または反射像を入力し

50

透視像または反射像と理想像との相関値を算出する相関値算出手段と、相関値算出手段による相関値もとづいて被測定物の光学歪を評価する評価手段とを備えたものである。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を説明する。図1は、本発明による光学歪の評価装置の実施の一形態を示す概念図である。図に示すように、光源からの参照パターン2は、光学歪が測定される板状ガラス等の被測定物1を透過した後、撮像装置4で受光される。撮像装置4による観測透視像3は、計算機等の演算装置5に10 入力する。演算装置5は、参照パターン2が被測定物1を通過して得られた観測透視像3から被測定物1の光学歪を評価する。ここで、演算装置5は、相関値算出手段および評価手段を実現するものである。

【0012】なお、参照パターン2として、チェッカーパターン、直交格子パターンまたはドットパターンなどの規則的なパターンが用いられる。また、撮像装置4として、エリアカメラ、ラインカメラ、ビデオカメラ、ス

$$C = \frac{\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^v g(x_i, y_j) \cdot h(x_i, y_j)}{\sum_{i=1}^u \sum_{j=1}^v h(x_i, y_j) \cdot h(x_i, y_j)} \dots (1)$$

【0016】(1)式において、 $g(x_i, y_j)$ は観測透視像3から取り出されたローカル画像6を表し、 $h(x_i, y_j)$ は $g(x_i, y_j)$ 同サイズの理想的透視像7を表す。(1)式は、ローカル画像6と理想的透視像7との間で、対応画素毎に階調値を乗算し、乗算結果の総和をとったものを、理想的透視像7の各画素の自乗値の和で除して正規化したものとなっている。なお、各画素が2値化される場合には(1)式の分母は $(u \times v)$ でよい。従って、相関値Cは、ローカル画像6の歪が小さいほど、すなわち、理想的透視像7に近いほど高くなる。

【0017】演算装置5は、以上に述べた相関演算を、 $(m \times n)$ 画素の観測透視像3の全体について実行する。そして、得られた各相関値Cの平均値または最大値にもとづいて観測透視像3全体の光学歪を評価することによって、被測定物1全体にわたって光学歪を評価する(ステップS3)。

【0018】例えば、平均値が所定の基準値よりも小さい場合には、被測定物1において歪が存在すると評価できる。または、最小値が所定の基準値を下回る場合に被測定物1において歪が存在すると評価できる。また、平均値よりも大きく下回っている相関値Cがあれば、その相関値Cを示すローカル画像6に対応した部分に大きな歪があると評価できる。または、基準値を下回る最小値を示す相関値Cを示すローカル画像6に対応した部分に

ティルカメラ、フォトセンサを配列させたものなど、観測透視像3を画像データとして入力できるものであればいずれを用いてもよい。

【0013】次に、図2のフローチャートおよび図3の説明図を参照して動作について説明する。演算装置5は、撮像装置4から観測透視像3を入力し(ステップS1)、入力された観測透視像3と理想的透視像との間で相関演算を行う(ステップS2)。

【0014】図3は、相関演算の具体的一例を説明するための説明図である。図3において、観測透視像3は、 $(m \times n)$ 画素の画像として表現されている。この画像を $f(x_i, y_j)$ と表現する。ここで、 f は画素の階調値、 x_i, y_j は画像における画素位置を表す。演算装置5は、観測透視像3から $(u \times v)$ 画素のローカル画像6を取り出す。そして、取り出したローカル画像6と、そのローカル画像6と同サイズの理想的透視像7との相関値Cを(1)式にもとづいて算出する。

【0015】

【数1】

大きな歪があると評価できる。

【0019】なお、ステップS3の光学歪の評価は、評価者が相関演算結果にもとづいて行うようにしてもよいし、演算装置5が、各相関値Cの平均値または最大値と基準値とを比較し比較結果を出力するようにしてもよい。

【0020】以上のように、この実施の形態では、被測定物1を透過したパターンと理想的パターンとの相関値にもとづいて被測定物1の光学歪を評価するので、被測定物1がどのような方向に歪んでいても、歪を検出することができる。

【0021】なお、理想的透視像7として、歪のない理想的形状を有することが確認されている被測定物1による透視像や、被測定物1を介さないで直接参照パターン2を観測した場合の観測像を用いればよい。参照パターン2が周期的パターンである場合には、演算対象のローカル画像6に隣り合うローカル画像を理想的透視像7としてもよい。

【0022】また、この実施の形態では、被測定物1を透過したパターンによる観測透視像3を扱う場合について説明したが、被測定物1で反射されたパターンによる観測反射像を扱う場合でも、本発明による方法および装置を同様に適用することができる。

【0023】

【実施例】以下、本発明による評価方法の実施例につい

で説明する。

【実施例 1】図 4 に示すような観測透視像 3 が得られたとする。図 4 に示されたとおり、この透視像は、左右方向にのみチェッカーパターンが伸縮した歪を有している。観測透視像 3 は、(512×512) 画素の画像であり、ローカル画像 6 を (8×8) 画素の画像とした。また、相関値 C の算出にあたって、チェッカーパターン中の黒領域に -1、白領域に +1 という信号値を与えた。すると、両画像の相関が高いほど相関値 C の値は 1 に近づき、両画像の相関が低いほど相関値 C の値は 0 に近づく。

【0024】図 5 は、相関値 C の計算結果を示す説明図である。図において、白い部分が計算結果において相関値が大きかった部分を示し、黒い部分が相関値が小さかった部分を示す。図 5 から明らかなように、観測透視像 3 において歪の大きい部分では、本発明による方法によって得られた相関値が小さくなっている。このように、本発明による方法では、観測透視像 3 における歪の存在領域を特定でき、かつ、相関値の大小によって歪の程度を定量化できる。なお、格子を構成する線分の傾き角度を得る従来の方法では、図 4 に示されたような歪を正しく定量化することはできない。

【0025】【実施例 2】実施例 1 では観測透視像 3 と理想的透視像 7 の各画素を 2 値化 (黒: -1, 白: +1) した上で両画像の相関値 C を算出したが、観測透視像 3 と理想的透視像 7 の各画素を多値化すれば、さらに精度よく相関値を算出できる。その結果、被測定物 1 における歪の存在領域をさらに精度よく特定でき、また、歪の程度をさらに精度よく定量化できる。

【0026】例えば、4 値化処理を行う場合には、白領域に +0.75、黒領域に -0.75、白領域における黒隣接領域に +0.25、黒領域における白隣接領域に -0.25 という信号値を与える。すなわち、理想的透視像 7 については、図 6 に例示するチェッカーパターンの一部のように、白領域 8、黒領域 10、白領域における黒隣接領域 9、黒領域における白隣接領域 11 のそれぞれに、+0.75、-0.75、+0.25、-0.25 という信号値を与える。

【0027】観測透視像 3 についても、観測像から検出される白領域、黒領域、白領域における黒隣接領域、黒領域における白隣接領域のそれぞれに、+0.75、-0.75、+0.25、-0.25 という信号値を与える。その上で、観測透視像 3 と理想的透視像 7 との間の相関を (1) 式を用いて算出する。

【0028】4 値化処理を行った場合には、信号レベルが多値化されるので、歪の程度をさらに精度よく定量化できる。また、この実施例では、白黒の境界領域に白領域および黒領域の中間の信号レベルを付与するので、2 値化処理で生ずる不必要なモアレ歪の影響を除去した定量化を行うことができる。

【0029】【実施例 3】次に、本発明による方法によって光学歪を定量化した結果と人間の歪感覚との対応関係について説明する。ここでは、被験者による閾値実験結果と本方法による光学歪定量化値との関係を調べた。

【0030】閾値実験において、図 7 に示すような、直交格子パターンにおける交点位置を sin 関数で移動させた正弦波歪を与えたものと、図 8 に示すような、直交格子パターンに線状の歪を与えたものとを用いた。そして、歪の強弱を変化させて被験者に歪パターンを提示し、歪んで見えるか否かを質問した。一般に、歪の強いパターンほど歪んでいると答える確率が高くなり、歪の弱いパターンほど歪んでいると答える確率が低くなる。ここでは、歪を感じ始める閾値の分布が正規分布すると仮定して、歪んでいると答える確率 (知覚確率) を Z スコアに変換して歪感覚量とした。

【0031】一方、上記の閾値実験で用いた歪パターンを (512×512) 画素の画像として表現し、ローカル画像 6 を (8×8) 画素の画像として、本発明による方法によって歪のない理想的パターンとの相関を求めた。そして、各ローカル画像 6 について算出した各相関値の平均値を、歪パターンの光学歪定量化値とした。ここでも、パターン中の黒領域に -1、白領域に +1 という信号値を与えた。

【0032】図 9 は、閾値実験で得られた歪感覚量 (Z スコア) と本発明による方法で求めた光学歪定量化値との関係を示す説明図である。図 9 において、横軸は、(1-各相関値) の画像内における平均値を示し、値が大きいほど相関値が小さい、すなわち理想的画像とローカル画像 6 との相関が低いことを示す。図 9 から明らかなように、正弦波歪を有する歪パターンについても線状の歪を有する歪パターンについても、相関値が小さくなればなるほど (図 9 において横軸上右へ行けば行くほど)、Z スコアの値が大きくなる。すなわち、被験者が歪んでいると答える確率が高くなる。

【0033】従って、正弦波歪を有する歪パターンについても線状の歪を有する歪パターンについても、本発明による方法で求めた光学歪定量化値と歪感覚量との間に良好な対応関係が見られることが確認された。このことは、本発明による方法は、歪の種類によらず光学歪の定量化ができるのみならず、人間の感覚にあった歪測定が行える方法であることを示している。

【0034】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、光学歪の評価方法および評価装置を、参照パターンの被測定物による透視像または反射像を観測し、観測された透視像または反射像と理想像との相関値を算出し、算出された相関値にもとづいて被測定物の光学歪を評価するように構成したので、歪の種類によらず光学歪を定量的に評価できるとともに、人間の感覚にあった光学歪の定量化が実現できる効果がある。また、相関演算によって光学歪

を定量化するので、格子を構成する四角形要素の変形を測定する方法では定量化が困難であった強い歪も定量化できる。

【0035】複数の画素を有する撮像手段によって被測定物による参照パターンの透視像または反射像を観測し、観測された透視像または反射像の画素の階調値と理想像の画素の階調値とを用いて相関値を算出するように構成されている場合には、階調値を用いて相関値を算出するため、透視像または反射像と理想像との違いをより正確に相関値に反映できるので好ましい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による光学歪の評価装置の実施の一形態を示す概念図である。

【図2】 本発明による光学歪の評価方法を示すフローチャートである。

【図3】 相関演算の具体的一例を説明するための説明図である。

【図4】 観測透視像の一例を示す説明図である。

【図5】 図4に示された観測透視像を用いた相関値計算結果を示す説明図である。

【図6】 4値化処理の場合の信号レベルの付与例を示

す説明図である。

【図7】 直交格子パターンに正弦波歪を与えたパターンを示す説明図である。

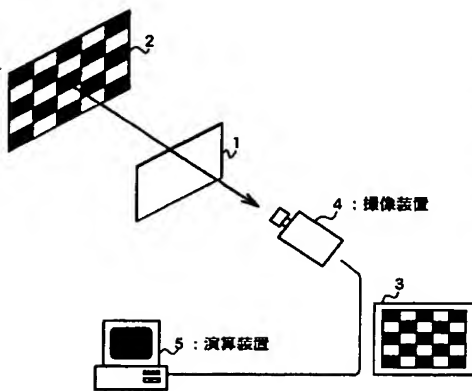
【図8】 直交格子パターンに線状の歪を与えたパターンを示す説明図である。

【図9】 閾値実験で得られたZスコアと本発明による方法で求めた光学歪定量化値との関係を示す説明図である。

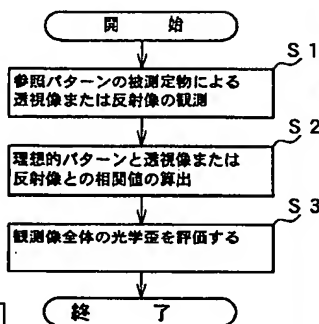
【符号の説明】

- | | |
|----|--------------|
| 1 | 被測定物 |
| 2 | 参照パターン |
| 3 | 観測透視像 |
| 4 | 撮像装置 |
| 5 | 演算装置 |
| 6 | ローカル画像 |
| 7 | 理想的透視像 |
| 8 | 白領域 |
| 9 | 白領域における黒隣接領域 |
| 10 | 黒領域 |
| 11 | 黒領域における白隣接領域 |

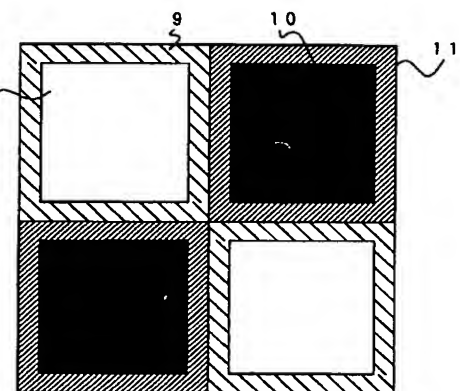
【図1】



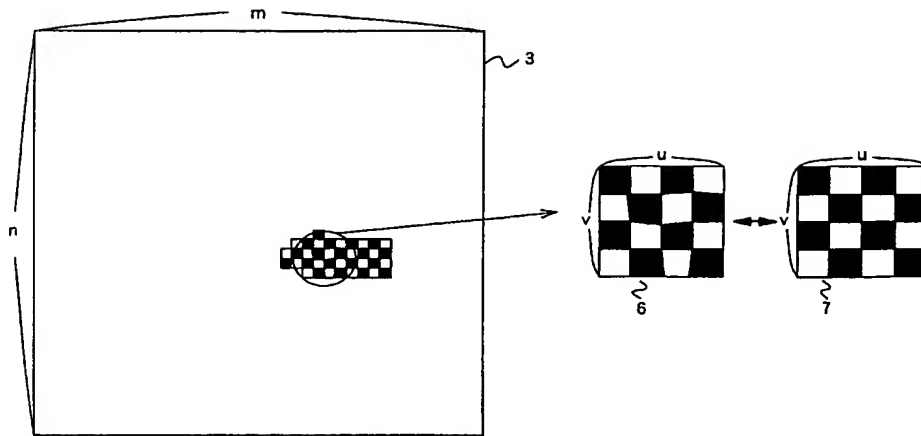
【図2】



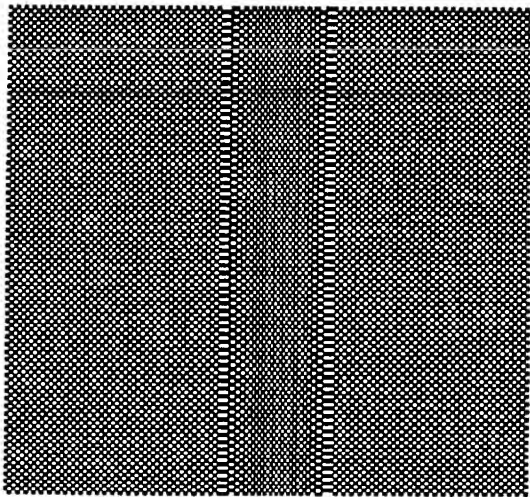
【図6】



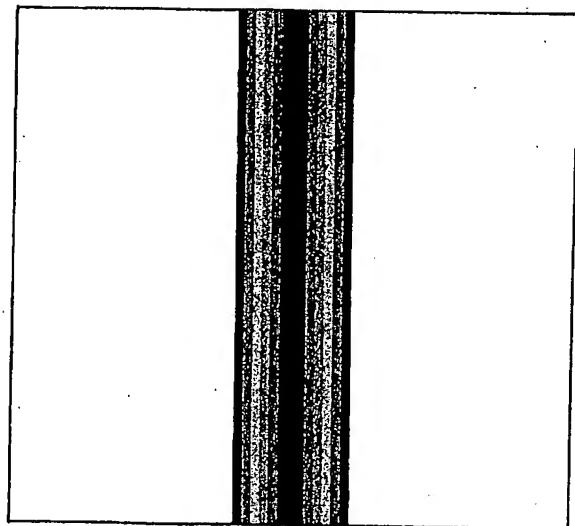
【図 3】



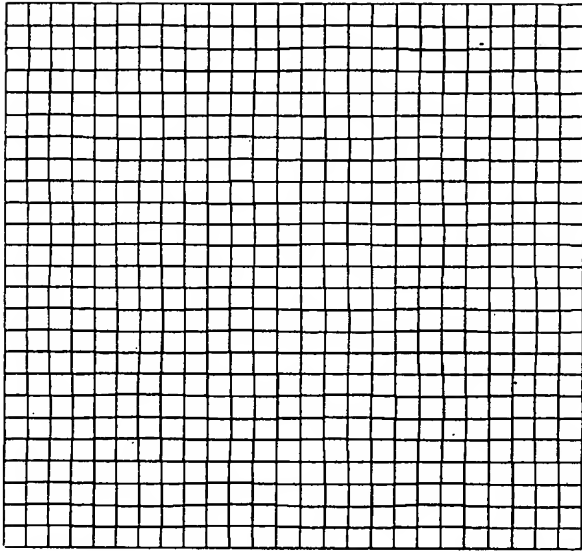
【図 4】



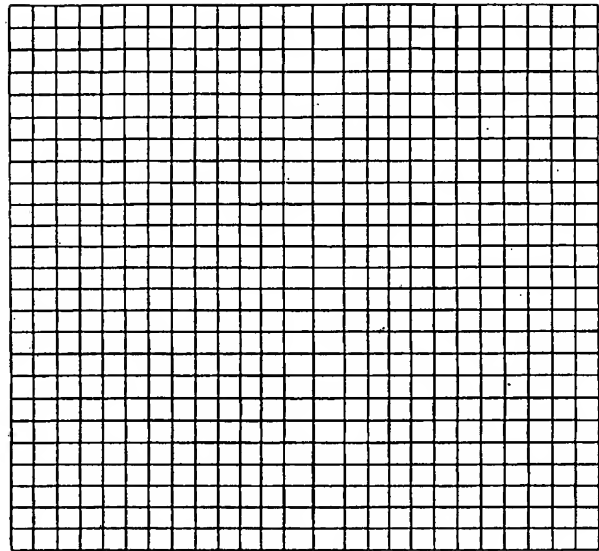
【図 5】



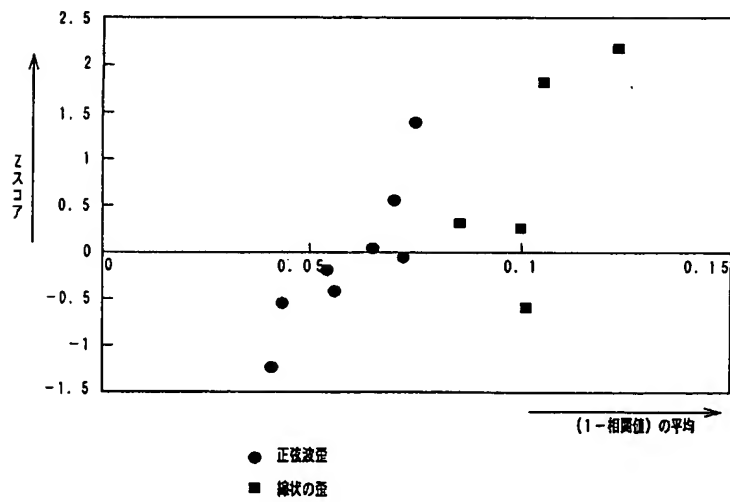
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 下園 裕明
 神奈川県横浜市神奈川区羽沢町1150番地
 旭硝子株式会社内